5. VALIDACIÓN

La validación que se le hace a la herramienta cuenta con dos etapas: una primera en la que se comparan los sistemas y componentes, para ellos se extraen los valores horarios de los resultados de DOE2-2 de un caso previamente simulado en CALENER GT y se compara con los resultados de la simulación en S3GET; y una segunda, en la que se simula de manera independiente el mismo edificio en CE3 y en CALENER GT, y se analizan los resultados globales de cada programa.

Los edificios elegidos para este estudio son: el edificio descrito en la estándar 140 de ASHRAE ("The Best Test"), y el edificio de oficinas del manual de usuario de CALENER GT (figura 5.1).

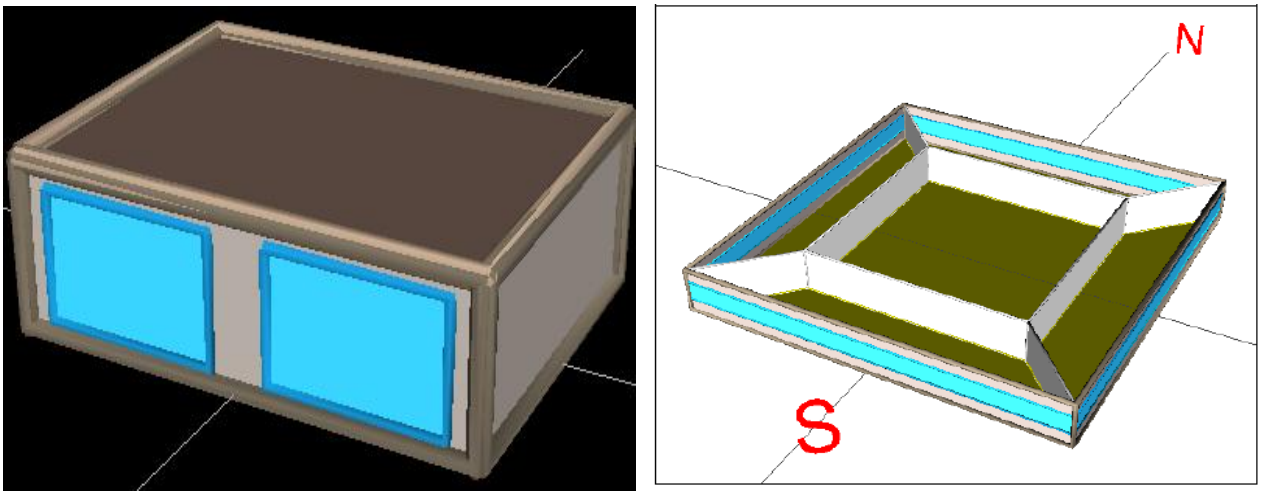


Figura 5. 1 Izda: edificio ASHRAE Standard 140. Drcha: edificio oficinas manual de CALENER GT

Para la primera etapa se usa el edificio definido por ASHRAE, por ser unizona y más simplificado, siendo un mejor caso para el estudio a realizar. En cambio para la etapa dos, se coge el edificio de oficinas, por ser más real y cotidiano en el parque edificatorio.

Estas dos etapas que aparecen para definir la validación son una síntesis del trabajo realizado y del fruto del mismo. Pero para llegar a su maduración se llevaron a cabo dos etapas intermedias con el fin de poder usar los datos que ofrece POSTCALENER en su versión 0.93, accesibles al público sin tener que recurrir a la escritura del archivo .inp de CALENER GT (véase ANEXO B. Validación a través de POSTCALENER)

De la etapa dos solo se comentan los casos evaluados en CALENER GT y a evaluar en CE3-GT, no pudiéndose mostrar los resultados de la comparación debido a que los el software CE3 ha sufrido cambios durante la validación de la etapa uno, y al equipo de trabajo le ha sido imposible compilar una versión antes del plazo de entrega de este trabajo; estando la misma disponible en los próximos meses.

5.1. ETAPA 1: VALIDACIÓN DE COMPONENTES Y SISTEMAS

En este punto se describe la comparación realizada sobre los componentes de los sistemas antes comentados en el trabajo. Para ello se simula una batería de casos en CALENER GT, en los que se varía el sistema de climatización o sus características, y se mantiene el edificio simulado (edificio de la estándar 140); y/o se cambia de clima.

Una vez simulados estos casos, a partir de la modificación de los archivos de ejecución de DOE2-2, se extraen las variables horarias de comparación y de entrada para el programa S3GET. Hecha la simulación, se comparan los resultados del método simplificado con la metodología completa de CALENER.

Las variables a extraer de la simulación en CALENER, son:

- Carga sensible de la zona climatizada
- Carga latente de la zona
- Evolución de temperatura de la zona
- Carga calorífica de la batería de calor
- Carga total de la batería de refrigeración
- Carga latente de la batería de refrigeración
- Humedad de la mezcla de aire antes de la batería
- Consumo de electricidad para calefacción y refrigeración
- Caudal de aire impulsado por la máquina

Hay que tener en cuenta que CALENER GT y CE3, no utilizan los mismos archivos climáticos, aún siendo parecidos tienen ciertas diferencias (véase ANEXO B. Archivos Climáticos).

Los objetivos son:

- Analizar las diferencias en la demanda térmica de las baterías de cada sistema en cada programa, evaluando la relación de demandas.
- Analizar el rendimiento medio estacional de los sistemas autónomos
- Evaluar cómo influye en cada programa las siguientes medidas de ahorro:
    - Recuperación de energía en el aire de expulsión
    - Enfriamiento gratuito en control por temperatura y por entalpía
    - Mejora del rendimiento de sistemas autónomos
    - Mejora del factor de transporte en ventiladores

La evaluación de las medidas de ahorro se hace de cada programa por separado, verificando sobre la recta de 45º la proximidad de los ahorros que ambos producen sobre la demanda.
Para exponer los resultados, primero se muestra el autónomo a caudal constante, con el fin de presentar el tratamiento de datos llevado a cabo para cada caso. Posteriormente se analiza cada medida de mejora comentada en los puntos anteriores.

Siguiendo con la definición de la etapa uno, hay que definir el análisis de sensibilidad que se lleva a cabo. Esta definición se hace a partir de un listado de las variables con las que se realiza la combinación de casos simulados y tratados.

Clima: Madrid, Sevilla y Burgos

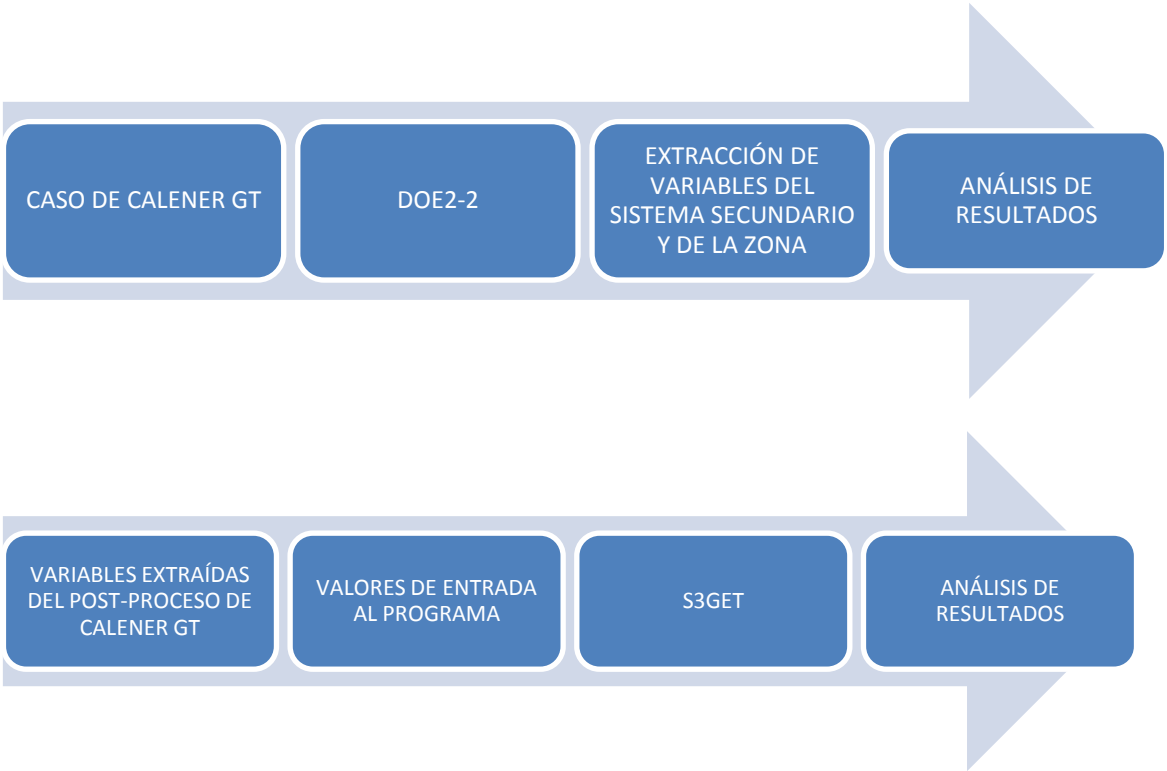
Sistemas: Autónomo a caudal constante y variables de aire; y climatizadora a caudal constante y variable de aire.

Medidas: Sin medida de ahorro, con recuperador de calor de 80% de eficiencia o con freecooling.

Especiales: Influencia del factor de transporte en uta a caudal constante. Influencia de la variación del COP (hipótesis: EER toma el mismo valor en el caso) en autónomos.

INTERACCIÓN CALENER GT – S3GET

El siguiente esquema muestra la estrategia de trabajo de esta etapa


CASO DE CALENER GT
DOE2-2
EXTRACCIÓN DE VARIABLES DEL SISTEMA SECUNDARIO Y DE LA ZONA
ANÁLISIS DE RESULTADOS
VARIABLES EXTRAÍDAS DEL POST-PROCESO DE CALENER GT
VALORES DE ENTRADA AL PROGRAMA
S3GET
ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta etapa, los dos programas simulan el mismo sistema por separado, teniendo en común, la carga de la zona combatida y la evolución de temperatura interior. Dados los resultados se procede a la comparación de la energía demandada por las baterías y los consumos eléctricos asociados de los mismos para una batería de casos.

S3GET necesita como datos de entrada la carga latente y sensible de la zona, la temperatura y humedad tanto del local como exterior, el caudal de aire exterior y si la máquina opera. Estos valores, que se introducen a través del post-proceso, son idénticos a los considerados en CALENER GT, por lo que hacen que la validación tenga coherencia y consistencia.

5.1.1. RESULTADOS GENERALES

CASO TIPO: AUTÓNOMO A CAUDAL CONSTANTE EN MADRID

Las características del sistema de climatización son:

- Potencia total de refrigeración 6 kW. EER 3.
- Potencia de calefacción 4 kW. COP 3.
- Caudal de impulsión de 1130 m^3/h (1 ren/h de aire exterior - 122.83 m^3/h).

La climatización del edificio está siempre disponible, funcionando las 8760 horas del año, para este y el resto de casos. Los resultados de la comparación aparecen representados en las siguientes figuras:

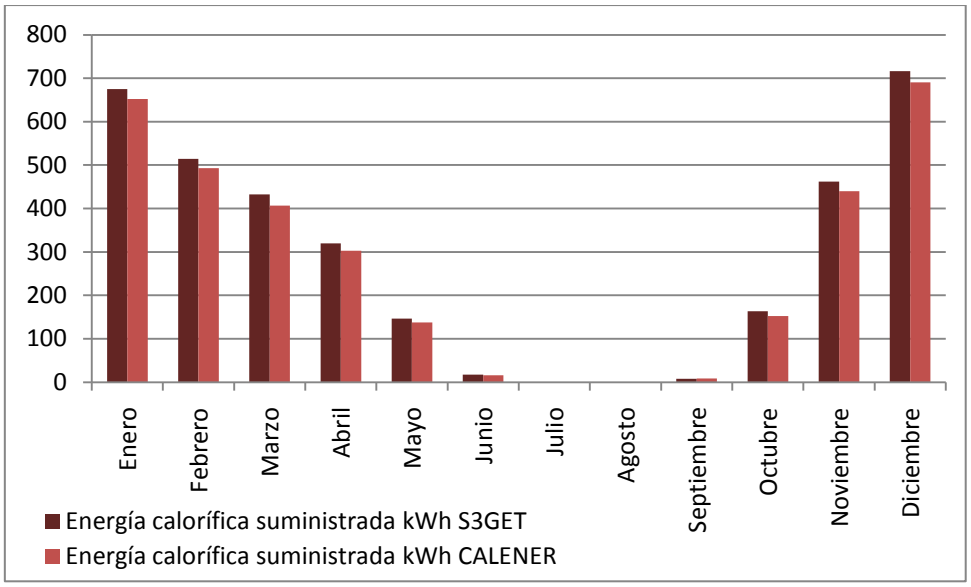


Figura 5. 2 Energía calorífica suministrada por la batería del sistema para cada programa

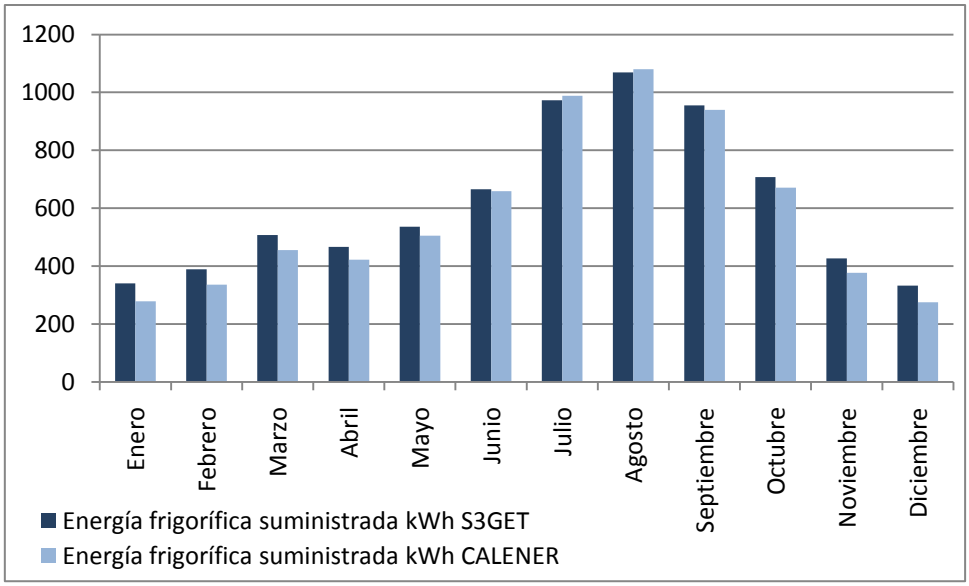


Figura 5. 3 Energía frigorífica suministrada por la batería del sistema para cada programa

En las gráficas anteriores se compara la energía que el mismo dispositivo ha tenido que suministrar en S3GET y en CALENER, para combatir las cargas de una misma zona. Se puede ver como el consumo energético en S3GET es mayor, esto se puede achacar a la capacidad de regulación de la unidad: en S3GET se regula sin problemas la temperatura de impulsión (caudal de aire constante) para combatir idealmente la carga de la zona, en cambio en CALENER GT el modelo físico que caracteriza la expansión del refrigerante tiene ciertos rangos de variación.

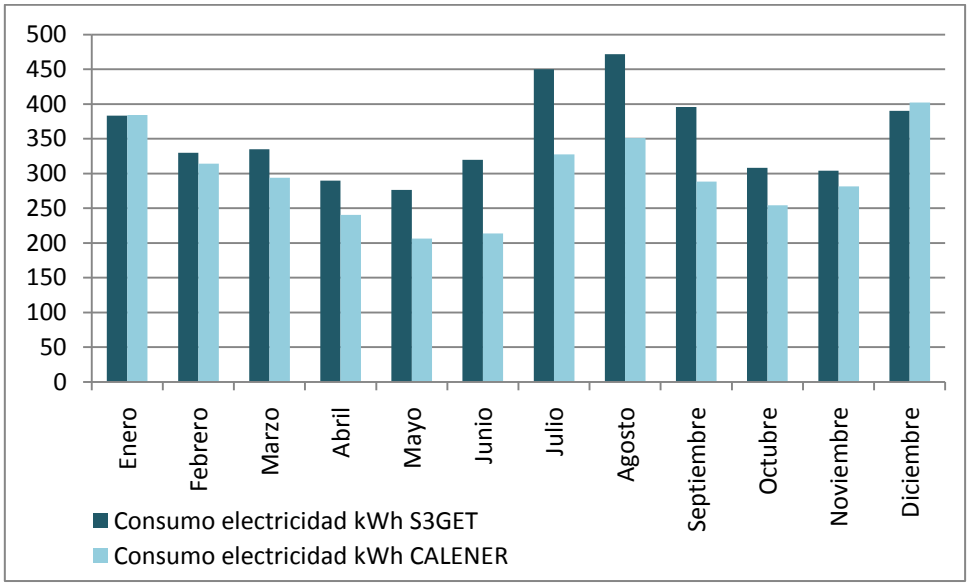


Figura 5. 4 Energía eléctrica consumida por el sistema en cada programa

Eran de esperar cambios apreciables en los consumos eléctricos de los programas ya que están ligados a los consumos térmicos (autónomos). Aún así, se puede apreciar como las diferencias de consumos eléctricos en los meses con refrigeración son

elevadas con respectos a las de los meses de calefacción pura. Más abajo razonaremos la posible causa de este problema.

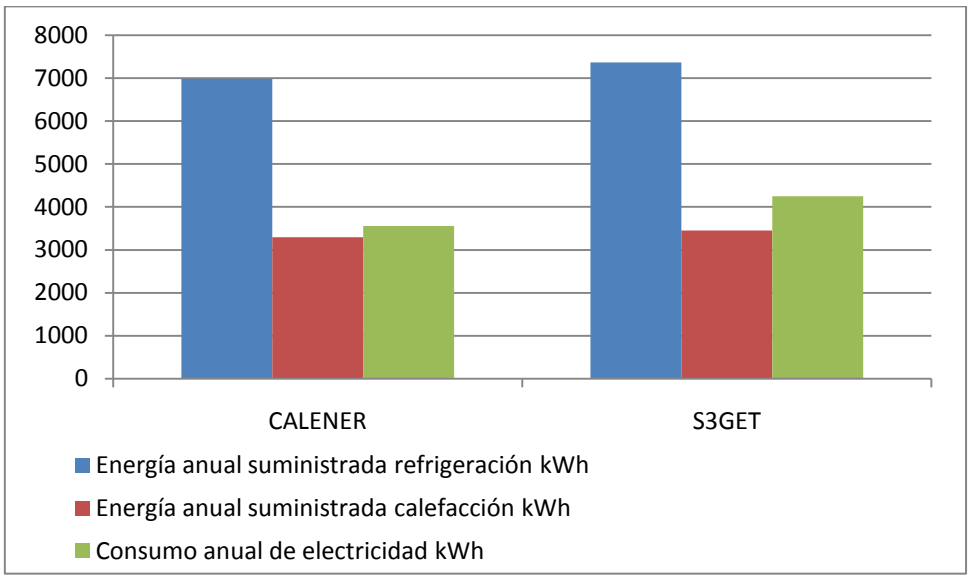


Figura 5. 5 Consumos energéticos anuales

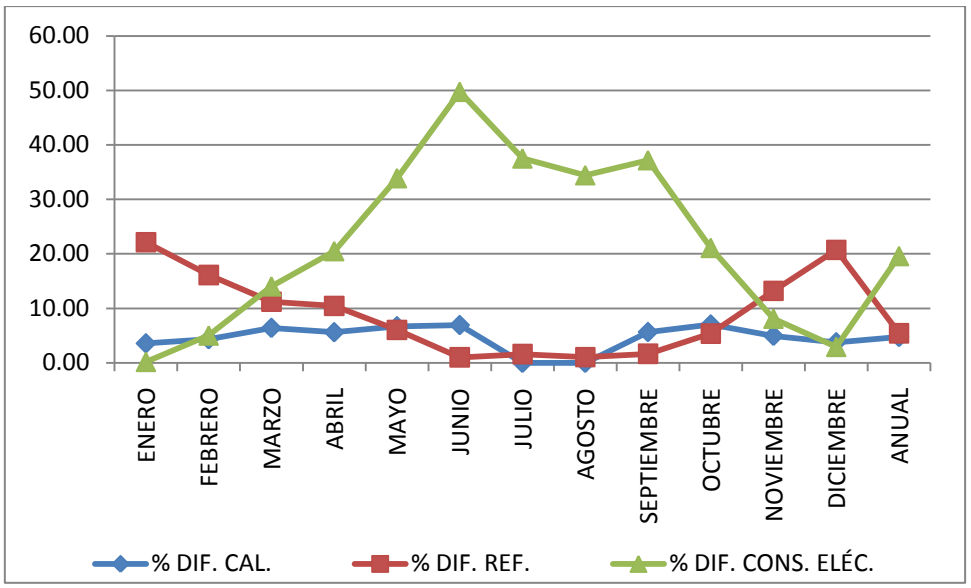


Figura 5. 6 % de variación de los valores en S3GET con respecto a CALENER GT

La gráfica superior muestra la síntesis de la comparación del autónomo a caudal constante en ambos programas.

A la par que se gestionaban estos resultados se comprueba que los sistemas realizan correctamente las operaciones con el aire, desde la mezcla de corrientes, hasta el paso por la batería simplificada con un factor de by-pass fijado a 0.3, mediante la evaluación de los valores horarios. Esta comprobación ha sido superada, salvo en la carga latente

combatida por la batería de frío. El factor de by-pass, es un factor importante en el valor de la cantidad de agua que condensa en batería. Este valor oscila en los sistemas comerciales entre 0.2-0.3. En S3GET se opta, por conservar el valor de 0.3 por ser el que mejor se adapta a la enorme casoística de sistemas, climas y condiciones de operación.

Para concluir el estudio realizado al autónomo de caudal constante, hay que examinar la relación de demandas, definida esta como el cociente entre la demanda de energía primaria del secundario (varía en cada programa) y la ideal en la zona sin ventilación. Este parámetro liga al sistema con lo explicado en el capítulo 3 "Medidas de Ahorro", y la metodología de certificación para edificios existentes del Doctor Luís Pérez-Lombard Martín de Oliva en su tesis (IV).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
RD CAL CALENER	1.59	1.59	1.62	1.64	1.81	2.19	0.00	0.00	2.29	1.77	1.60	1.57	1.61
RD REF CALENER	0.60	0.65	0.73	0.76	0.86	1.00	1.09	1.06	0.97	0.84	0.69	0.61	0.86
RD CAL CE3	1.64	1.66	1.72	1.74	1.93	2.34	0.00	0.00	2.16	1.90	1.68	1.63	1.69
RD REF CE3	0.73	0.76	0.81	0.84	0.91	1.01	1.07	1.05	0.98	0.89	0.78	0.74	0.91

Si se tiene en cuenta la carga en la batería debida a ventilación la relación de demandas en CE3 sería de 1 para calefacción y entre 1-1.02 para refrigeración debido a la carga latente (combate ideal de las cargas), pero para CALENER GT variaría, como muestra la siguiente tabla:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
RD CAL CALENER	0.98	0.97	0.95	0.96	0.95	0.95	0.00	0.00	1.08	0.95	0.97	0.98	0.97
RD REF CALENER	0.83	0.88	0.91	0.92	0.96	1.01	1.03	1.03	1.00	0.97	0.90	0.84	0.96

Esta variación en CALENER GT de la relación de demandas indica como la batería del sistema simulada en DOE2-2, suministra una cantidad de energía diferente a la demandada, posiblemente por dos causas: una la diferencia de archivos climáticos que hace que la carga de ventilación sea diferente (causa de peso mínimo), y la segunda y más importante la capacidad de regulación de la máquina. Este último argumento, fundamenta lo comentado antes de las diferencias entre los dos programas debido a la hipótesis de que en CE3 se combate de forma ideal la carga de la zona.

En cuanto al consumo eléctrico aparecen diferencias en el régimen de refrigeración. Para analizar este suceso se estudian los valores horarios de EER y COP para cada programa, y se representan:

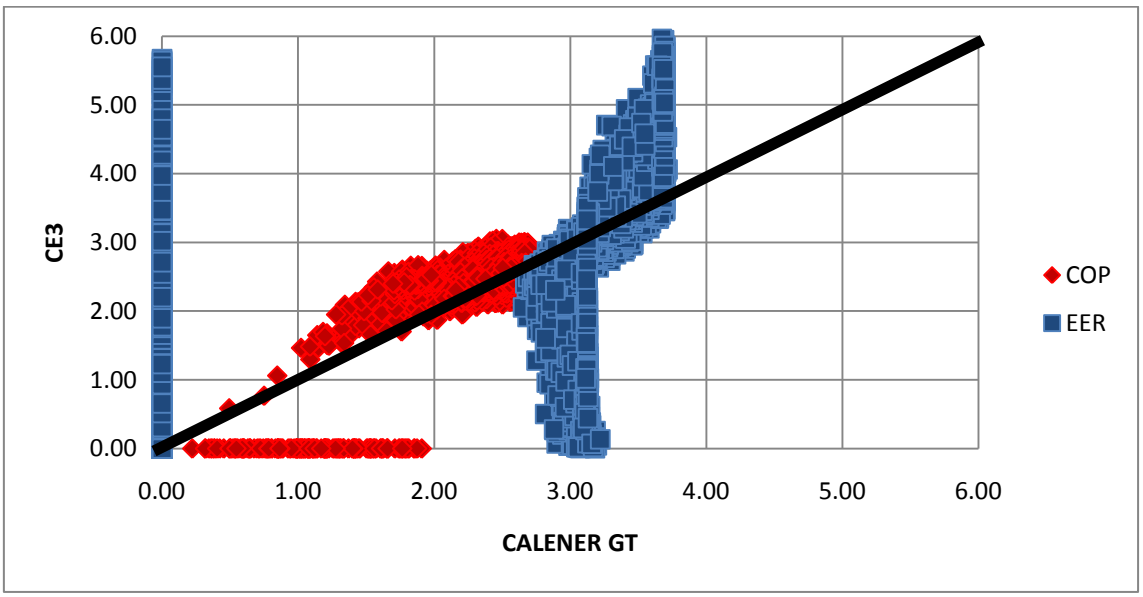


Figura 5. 7 Valores horarios del COP y EER de CALENER GT vs CE3

La primera diferencia entre CALENER GT y S3GET, es que este último implementa las curvas de autónomos de CALENER VYP, que han sido obtenidas a partir de las de CALENER GT pero cambiando las variables de las que dependen. En la gráfica se puede ver que existen regiones sobre los ejes, en las que uno de los programas demanda energía y el otro no lo hace. Además, en la evolución del COP, ambos programas dan resultados parecidos, pero el EER en CALENER GT parece limitado. A la vista del gráfico, en CALENER GT, en refrigeración, las curvas de los autónomos parecen tener unos límites no comentados en el manual de curvas del programa, y siendo la causa de las diferencias en el consumo de ambos programas. Estos límites están siendo objeto de análisis para poder evaluar su incorporación a la metodología de CE3.

Para ver más detalles del resto de casos analizados se recomienda la revisión del ANEXO C – Resultados de la validación de componentes y sistemas.

5.1.2. RECUPERADOR DE ENERGÍA EN AIRE DE EXPULSIÓN

La metodología para el análisis de una medida de mejora, en este caso el recuperador de calor, se hace de la siguiente forma:

- Dados los resultados del caso base sin mejora y del caso mejorado
- Se obtiene el cociente entre la relación de demandas y el rendimiento medio estacional
- Se grafican todos los resultados relativos de todos los casos sobre la gráfica que a continuación se muestra.

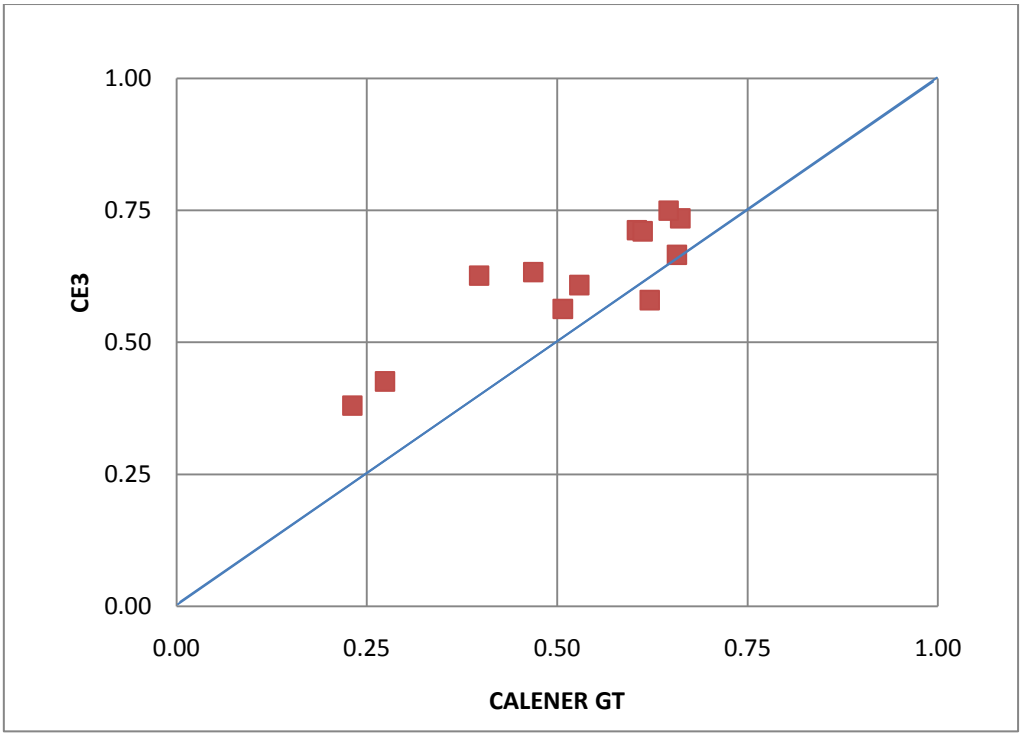


Figura 5. 8 Recuperador de calor en calefacción, cociente de relaciones de demanda (situación mejorada/situación base). CALENER GT VS CE3

A la vista de la gráfica la conclusión es total, en la mayoría de los casos CE3 es conservador con respecto a CALENER, mantiene la tendencia en los números al cambiar de clima o de sistema, pero obtiene menores ahorros que CALENER GT.

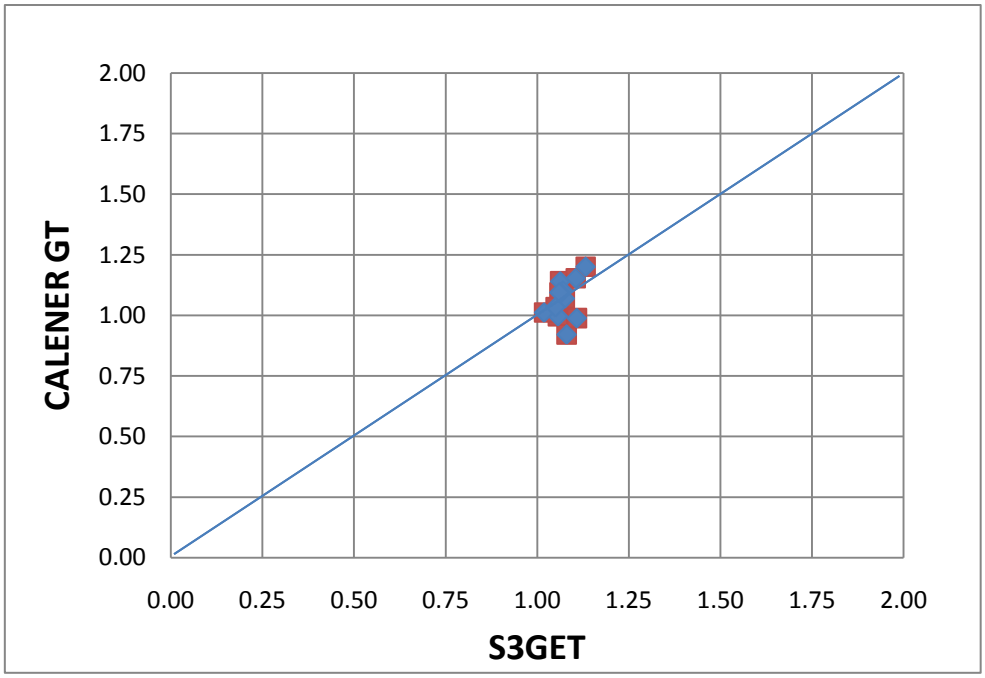


Figura 5. 9 Recuperador de calor en refrigeración. Cociente de relaciones de demanda (situación mejorada/situación base). CALENER GT VS CE3

En refrigeración, el recuperador en CALENER GT y en CE3 supone un aumento de demanda al pre-calentar el aire exterior.

El carácter conservador de la herramienta puede ser una problemática a la hora de evaluar la calificación en la situación mejorada. A su favor, la variación del rendimiento medio estacional de calefacción es positivista, no alejándose de los valores que ofrece CALENER GT, y si lo hace es mejorando el rendimiento de la situación base.

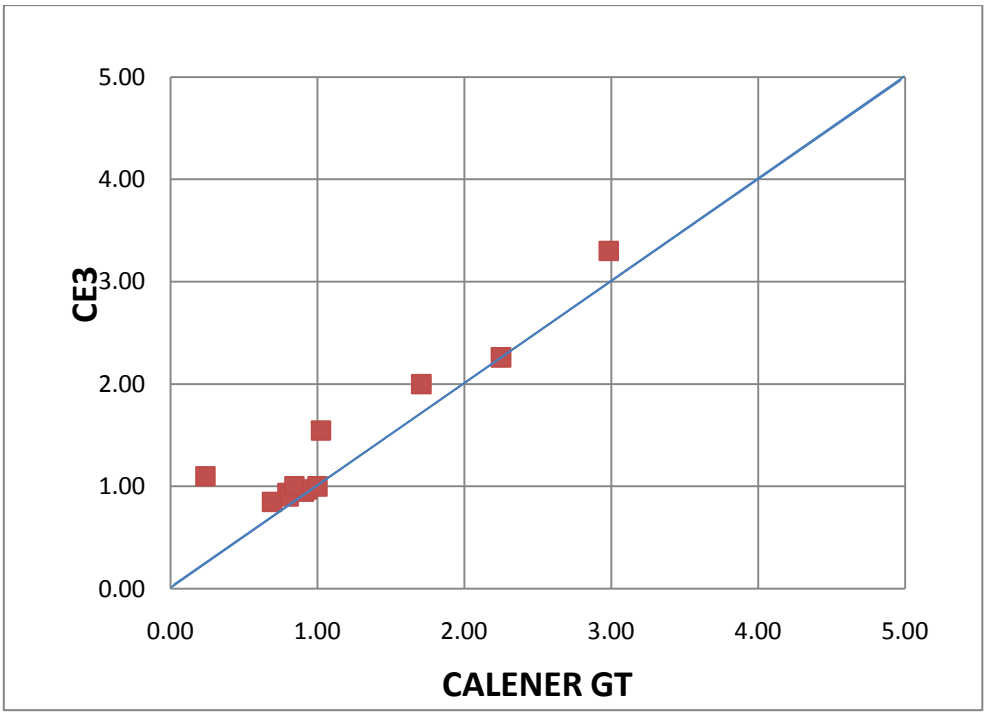


Figura 5. 10 Recuperador de calor cociente de rendimiento estacional (situación mejorada/situación base). CALENER GT VS CE3

5.1.3. ENFRIAMIENTO GRATUITO POR AIRE EXTERIOR

Existen dos tipos de control para el enfriamiento gratuito por aire exterior son el control por temperatura y el control por entalpía. En las siguientes gráficas se reproducen los resultados de ambas medidas sobre los casos enumerados.

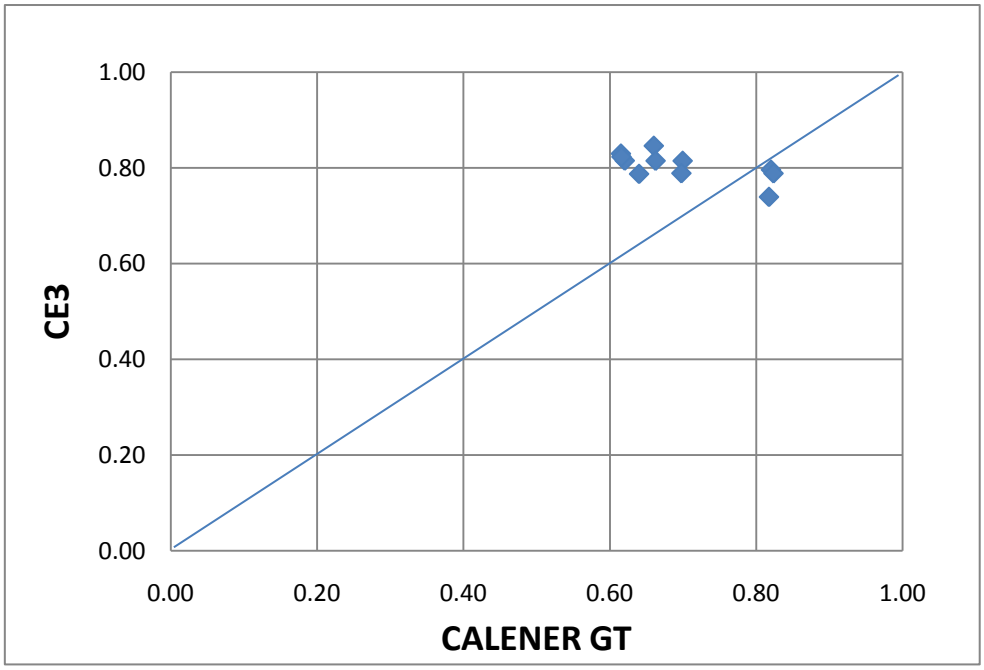


Figura 5. 11 Freecooling por temperatura en refrigeración, cociente de relaciones de demanda (situación mejorada/situación base). CALENER GT VS CE3

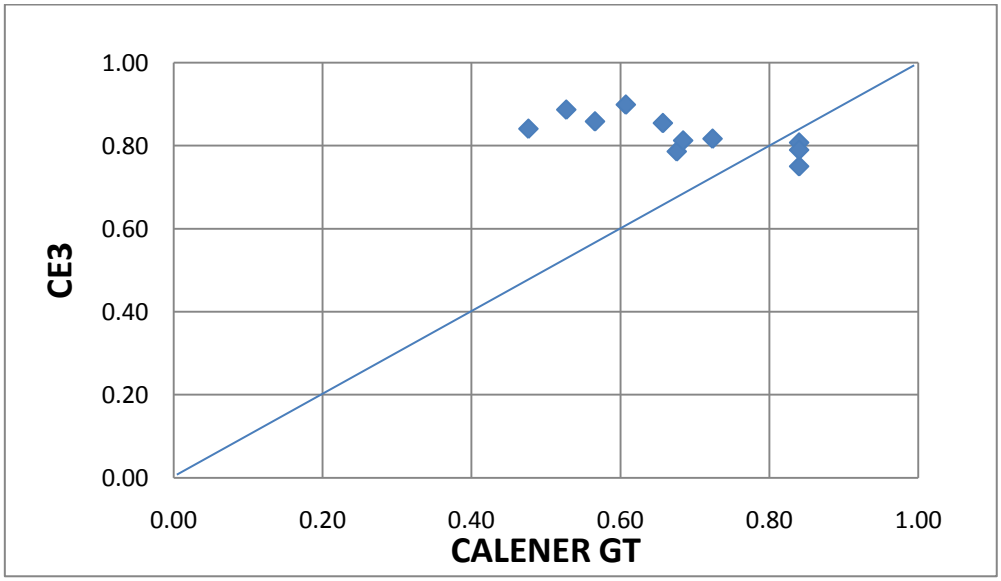


Figura 5. 12 Freecooling por entalpía en refrigeración, cociente de relaciones de demanda (situación mejorada/situación base). CALENER GT VS CE3

Con esta medida sucede lo mismo que con la anterior: CE3 es conservador con respecto a CALENER GT. Lo que ocurre es que en este caso, la situación es más acusada, sacando las siguientes conclusiones:

En primer lugar la validación no está capacitada para caracterizar/analizar el caso del enfriamiento gratuito en control por entalpía, ya que no se tiene la evolución de la humedad en el interior del local para CALENER GT, y es calculada a partir de la mezcla antes de la batería. Hacerlo así es discutible, puesto que no se conoce la proporción de aire exterior en el caudal de impulsión con el que ha trabajado el sistema para esa hora, lo cual es un problema para los periodos de funcionamiento con este tipo de control. Este argumento se demuestra con la gráfica, como en CE3 el ahorro por el control por entalpía no aumenta y queda igual al de temperatura mientras que en CALENER si aumenta. Para verificar que no existe ningún error en la metodología, se calcula la evolución supuesta de humedad en la zona para una serie de casos, a partir de la humedad del aire exterior, la carga latente de la zona y la humedad de salida del sistema; y se verifica, que los ahorros aumentan con la misma tendencia que se hace en CALENER GT al cambiar el tipo de control.

Para entender la siguiente conclusión es necesario ver el perfil de carga del sistema de CALENER GT y CE3, para uno de los sistemas sin y con la medida de freecooling.

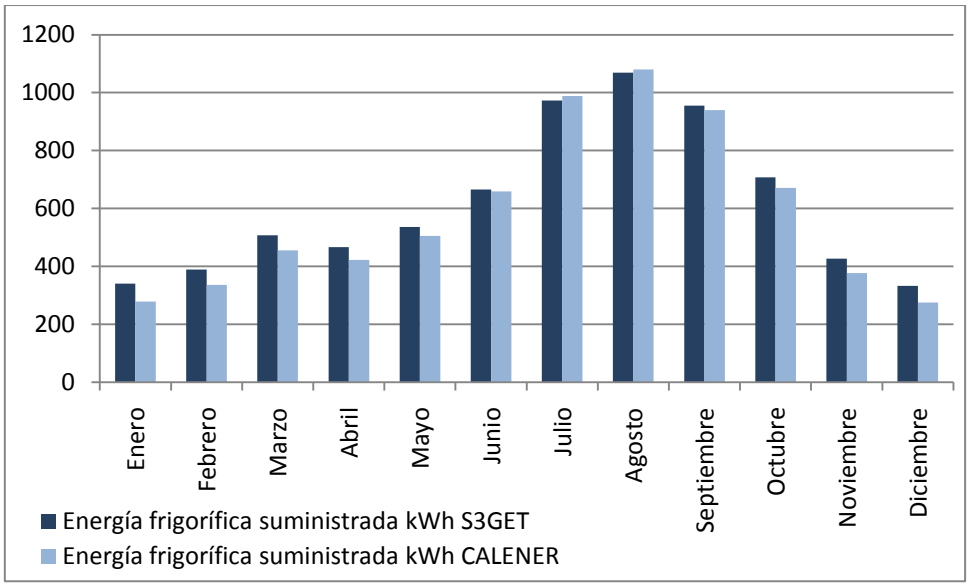


Figura 5. 13 Energía frigorífica suministrada por el sistema para autónomo CTE en Madrid

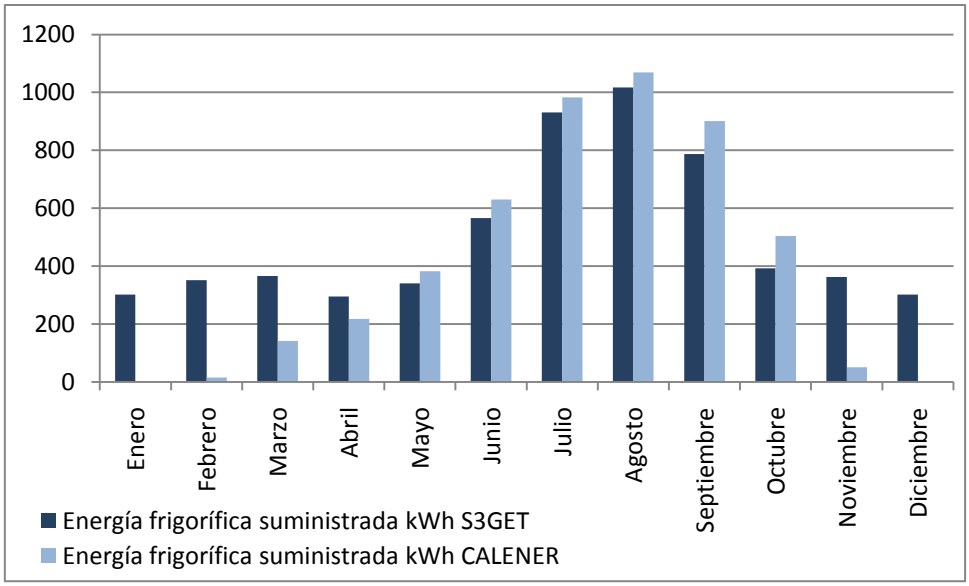


Figura 5. 14 Energía frigorífica suministrada por el sistema para autónomo CTE en Madrid con freecooling por temperatura.

Se puede observar, como durante los meses de refrigeración (Junio-Agosto-Julio), la medida aplicada en CE3 obtiene mayores ahorros, y como son los meses de calefacción (Enero-Febrero-Marzo-Noviembre-Diciembre), en los que existe refrigeración, donde CE3 no consigue el mismo ahorro que CALENER GT. Esto puede deberse a la forma de actuación de CALENER GT frente al enfriamiento gratuito: cuando este es aplicable, y en la zona se demanda refrigeración, CALENER GT sustituye el caudal de impulsión por el caudal de aire exterior, haciendo que la zona baje su temperatura drásticamente. CE3 recibe como entrada esa temperatura de la zona para esa hora, como esa temperatura del local es baja, existen muchas horas en las que CE3 decide no convertir al sistema en todo aire exterior cuando CALENER GT si lo ha hecho, obteniendo grandes ahorros. Si no se toman los datos de entrada para S3GET los procedentes del post-proceso de DOE2-2, si no los que proceden del CE3, está situación no se produciría, ya que se lee la temperatura de la zona sin la influencia de un sistema de acondicionamiento.

En definitiva, se puede aceptar la metodología de la medida, teniendo en cuenta que es conservadora con respecto a CALENER GT pero no a los niveles que aparecen en las gráficas, debido a la dificultad de obtener los valores horarios con los que DOE2-2 simula en cada hora.

5.1.4. MEJORA DEL RENDIMIENTO EN AUTÓNOMOS

Esta medida tiene en cuenta la posible sustitución del sistema por otro de rendimiento mayor, o al contrario por el empeoramiento del mismo. El rendimiento del que se habla es el COP/EER, tomando para ambos el mismo valor.

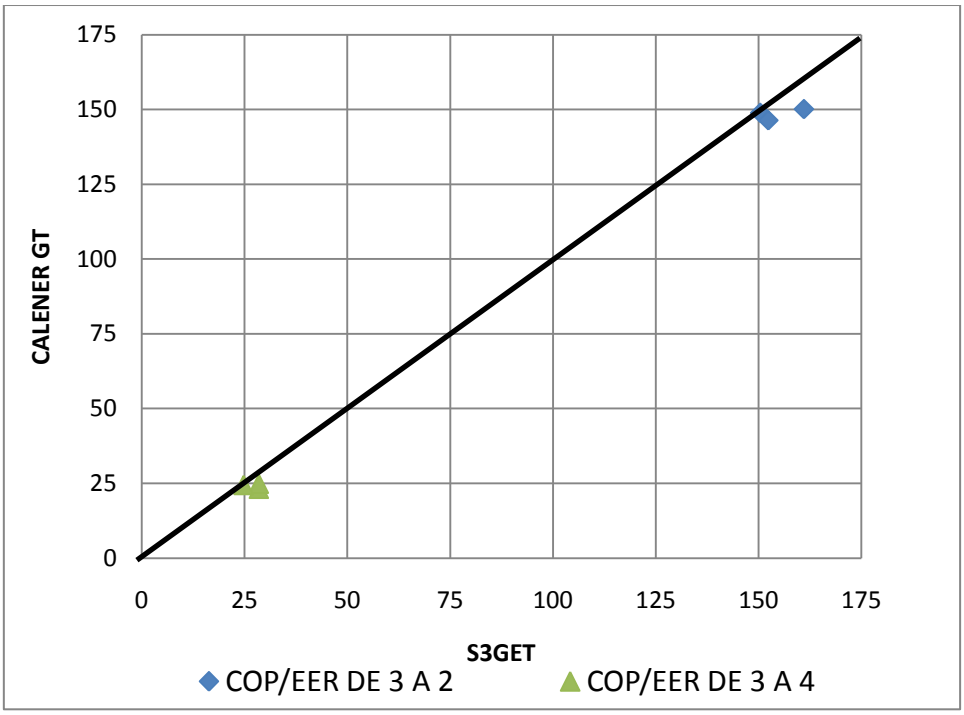


Figura 5. 15 % de variación del consumo eléctrico al modificar el rendimiento del autónomo a caudal constante en diferentes climas.

En esta medida el ajuste con CALENER GT es apropiado, verificando el comportamiento definido por las curvas y los resultados de su implementación en CE3.

5.1.5. MEJORA DEL FACTOR DE TRANSPORTE DE AIRE EN CLIMATIZADORAS

Para esta medida se analiza el caso de la climatizadora de caudal constante situada en Madrid (el clima no afecta en este estudio de sensibilidad). Los resultados de su análisis aparecen reflejados en la siguiente tabla:

	AHORRO	
CAPACIDAD	**CE3**	**CALENER GT**
1/2 Capacidad Nominal	50.00	50.00
Capacidad Nominal	-	-
3/2 Capacidad Nominal	-50.00	-50.03

Se observa como en CE3, el factor de transporte es proporcional al consumo, y como en CALENER aparece una ligera variación.

A la vista de los resultados, se puede dar por aceptable la metodología simplificada de programación del comportamiento de los ventiladores.

5.2.ETAPA 2: EJEMPLO PRÁCTICO – COMPARACIÓN GENERAL

En este punto se simula en los dos programas el mismo caso, para evaluar las diferencias que ofrecen ambos (comparación general). La comparación es para evaluar hasta donde la simplificación que ofrece CE3 se distancia de los resultados de la metodología no simplificada de CALENER. Incluso estudiar la potencia de las medidas de ahorro, tanto en la pre-evaluación, como en la re-simulación del caso.

El caso a estudio es el que se desarrolla en el manual de usuario de CALENER GT (II), por lo que se hace referencia al mismo y se comentan los cambios que se produce al introducirlo en CE3 con otra base de datos diferente a la de CALENER.

Resumen de edificio de oficinas (Manual usuario CALENER GT)

Se trata de un edificio de oficinas de una sola planta con cinco espacios, cuatro externos en las cuatro orientaciones básicas y uno interno. Esta división de los espacios se debe, como se comentará más adelante, a la existencia de cinco zonas térmicas diferentes (Norte-Sur-Este-Oeste según orientación, y la zona interior).

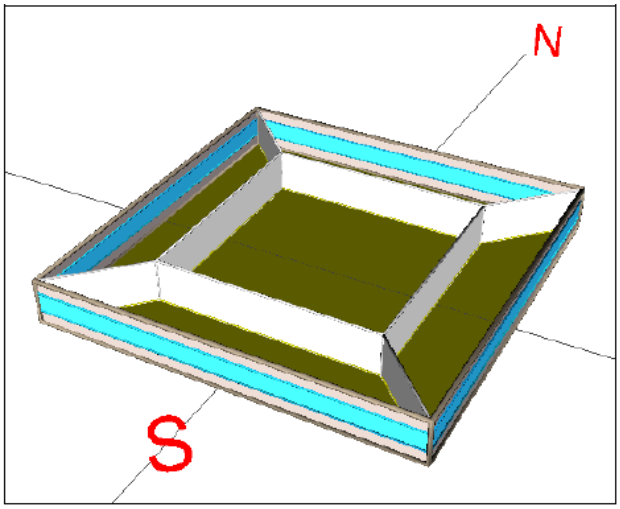


Figura 5. 16 Esquema simplificado del edificios de oficinas

Definición constructiva

Las características del edificio se van a presentar de acorde a las que se implementan en CALENER GT (capturas del manual de usuario), y seguidamente a las elegidas en CE3-GT, que se ajustan con las anteriores.

Espacio	Ocupación (m^2/persona)	Sensible ocupante (W/persona)	Latente ocupante (W/persona)	Equipos (W/m^2)	Iluminación (W/m^2)	Infiltración (rnv/h)
Sur	10	77.82	50.22	15	12	1
Este	10	77.82	50.22	15	12	1
Oeste	10	77.82	50.22	15	12	1
Norte	10	77.82	50.22	15	12	1
Interior	10	77.82	50.22	15	12	0.1

Fachadas exteriores, absortividad exterior 0.7 (de fuera a dentro) – "Muro Exterior"					
Descripción	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (kg/m³)	Calor Esp. (J/kgK)	Resistencia (m²K/W)
Mortero cemento	0.02	1.4	2000	1050	0.014
Ladrillo hueco	0.11	0.49	1200	920	0.224
Mortero cemento	0.01	1.4	2000	1050	0.007
Poliestireno exp UNE53310 II	0.02	0.04	12	1590	0.500
Ladrillo hueco	0.03	0.49	1200	920	0.061
Enlucido de yeso	0.01	0.3	800	920	0.033

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.020	1.300	1900	1000
2	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm< G < 100 mm	0.110	0.512	900	1000
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.010	1.300	1900	1000
4	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0.020	0.038	30	1000
5	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm< G < 100 mm	0.030	0.512	900	1000
6	Enlucido de yeso aislante 600 < d < 900	0.010	0.300	750	1000

Muro en contacto con el Terreno (de fuera a dentro) – "Solera"					
Descripción	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (kg/m³)	Calor Esp. (J/kgK)	Resistencia (m²K/W)
Suelo coherente con humedad	0.35	2.1	1800	920	0,167
Forjado cerámico	0.20	0.4	1250	880	0,525
Mortero cemento	0.02	1.4	2000	1050	0.014
Terrazo	0.02	1.16	2000	1050	0,017

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0.350	2.000	1450	1050
2	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado -Canto 300 mm	0.200	0.341	740	1000
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.020	1.300	1900	1000
4	Plaqueta o baldosa cerámica	0.020	1.000	2000	800

Cubierta (de arriba abajo) , absortividad exterior 0.7 – "Forjado Cubierta"					
Descripción	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (kg/m³)	Calor Esp. (J/kgK)	Resistencia (m²K/W)
Baldosin catalan	0.02	1.05	2000	840	0,019
Mortero de cemento	0.01	1.4	2000	1050	0,007
Poliestireno extrusionado	0.05	0.03	33	1590	1,667
Láminas bituminosas	0.003	0.19	1100	1680	0,016
Mortero de cemento	0.01	1.4	2000	1050	0,007
Hormigon celular sin aridos	0.02	0.09	305	1050	0,222
Forjado cerámico	0.21	0.4	1250	880	0,525
Enlucido de yeso	0.01	0.3	800	920	0,033

	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0.020	1.000	2000	800
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.010	1.300	1900	1000
3	EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]]	0.050	0.029	30	1000
4	Betún puro	0.003	0.170	1050	1000
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000	0.010	1.300	1900	1000
6	Hormigón celular curado en autoclave d 300	0.020	0.090	300	1000
7	FU Entrevigado de EPS moldeado enrasado -Canto 300 mm	0.210	0.341	740	1000
8	Enlucido de yeso aislante 600 < d < 900	0.010	0.300	750	1000

CASO 1: AUTÓNOMO A CAUDAL CONSTANTE UNIZONA

- Prueba 1

Las características de los sistemas de esta prueba son:

- Climatización: sistema autónomo a caudal constante en cada zona (sin ventilación)

	Q aire (m3/h)	**Pot. Frío kW**	**Pot. Calor kW**	**EER**	**COP**
Aut. CTE - Zona INTERIOR	5500	22	9.4	3	3
Aut. CTE - Zona SUR	4000	16	7.2	3	3
Aut. CTE - Zona NORTE	4500	18	8.1	3	3
Aut. CTE - Zona ESTE	3800	15.2	6.84	3	3
Aut. CTE - Zona OESTE	4000	16	7.2	3	3

- Prueba 2

Idéntica a la prueba 1, salvo que se añade ventilación en los locales (1 ren/h).

- Prueba 3

Se parte de la prueba 2, y se le añade un recuperador de calor de eficiencia 80% sensible.

- Prueba 4

Se parte de la prueba 2, y se incorpora la medida de enfriamiento gratuito por aire exterior con control por entalpía.

- Prueba 5

Se parte de la prueba 2, y se incorpora la medida de enfriamiento gratuito por aire exterior con control por temperatura.

CASO 2: AUTÓNOMO A CAUDAL CONSTANTE MULTIZONA

El sistema elegido es un autónomo a caudal constante, que climatiza a las cinco zonas del edificio. Las características del sistema son:

Refrigeración: Potencia Total 60 kW, 55 kW sensible, EER 3.

Calefacción: Potencia total 27 kW, COP 3.

Caudal de impulsión de 15 m3/h (consumo de ventiladores asociado al EER/COP de la unidad).

1 Ren/h de aire en los locales a través de la máquina.

- Prueba 1

Descripción anterior, con la diferencia de que Calener ejerce un control sobre la zona Sur, y CE3 no controla ninguna zona.

- Prueba 2

Ambos programas ejercen un control en temperaturas sobre la zona sur.

- Prueba 3

En lugar de la zona Sur, la zona Oeste.

- Prueba 4

Partiendo de la prueba número 1, se le añade un recuperador sensible de eficiencia 80%.

- Prueba 5

Idéntico al anterior, salvo que en lugar del recuperador, se implementa el aprovechamiento del aire exterior como fuente de enfriamiento en control por entalpía.

- Prueba 6

Repetir la prueba anterior, con control por temperatura.

- Prueba 7

Partiendo de la prueba cinco, se añade el recuperador de la prueba 4.

CASO 3: VARIOS

En este punto se evalúa el comportamiento de diferentes sistemas de climatización. Las características de ambos se corresponden a las descritas en el caso anterior, con la diferencia de que las climatizadoras incorporan un consumo de ventiladores nominal de 9 kW.

- Prueba 1

El sistema es un autónomo a caudal variable multizona.

- Prueba 2

Climatizadora a caudal variable multizona.

- Prueba 3

Climatizadora a caudal variable multizona con recuperador de energía de eficiencia 80%.

- Prueba 4

Climatizadora a caudal constante multizona.

- Prueba 5

Climatizadora a caudal constante multizona con recuperador de energía de eficiencia 80%.

CASO 4: AUTÓNOMO A CAUDAL VARIABLE MULTIZONA

El sistema elegido es un autónomo a caudal variable, que climatiza a las cinco zonas del edificio, y además incorpora un recuperador de energía del aire de expulsión (80% de eficiencia) y enfriamiento gratuito por aire exterior (control por entalpía). Las características del sistema son las empleadas en el caso dos. Se analiza en este apartado, la influencia del clima.

- Prueba 1

Evaluación del caso en Madrid.

- Prueba 2

Sevilla.

- Prueba 3

Burgos.

CASO 5: SISTEMAS TODO AGUA

En el siguiente caso se pretende comparar sistemas que incorporan unidades terminales todo agua, como pueden ser Fan-coils, y recalentamiento terminal. Las características del sistema se define a continuación.

- Prueba 1

Climatización por fan-coil en cada zona, con las siguientes características:

- Fan-coil 1 (zonas sur-este-oeste-norte): 4.4 kW de potencia de calefacción, 9.7 kW potencia de refrigeración (8.7 kW sensible). Ventilador de 2525 m^3/h, y 0.3 kW.
- Fan-coil 2 (interior): 9.65 kW potencia de calefacción y 21.6 kW de refrigeración (mismo FCS). Ventilador de 5690 m3/h y 0.7 kW.

- Prueba 2

Climatización mediante un sistema centralizado (climatizadora a caudal constante) y recalentamiento terminal en todas las zonas salvo en la interior.

La climatizadora tiene un caudal de 15.000 m3/h de aire de impulsión, con 60 kW en la batería de refrigeración (55 kW sensible) y 15 kW en calefacción.

A su vez las unidades terminales, tienen un caudal de 10 ren/h con respecto a sus zonas, y una potencia de calefacción de 2.45 kW para las zonas perimetrales y 5.4 kW para la zona interior.

5.3. CONCLUSIONES GENERALES